

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6049627号
(P6049627)

(45) 発行日 平成28年12月21日(2016.12.21)

(24) 登録日 平成28年12月2日(2016.12.2)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 Z
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 0 4
HO 1 J 37/305 (2006.01)	HO 1 J 37/305 B
HO 1 J 37/18 (2006.01)	HO 1 J 37/18

請求項の数 17 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-538230 (P2013-538230)	(73) 特許権者	505152479 マッパー・リソグラフィー・アイピー・ビ ー・ブイ・オランダ国、2628 エックスケー・デ ルフト、コンピューターラーン 15
(86) (22) 出願日	平成23年11月14日(2011.11.14)	(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(65) 公表番号	特表2013-544031 (P2013-544031A)	(74) 代理人	100109830 弁理士 福原 淑弘
(43) 公表日	平成25年12月9日(2013.12.9)	(74) 代理人	100088683 弁理士 中村 誠
(86) 國際出願番号	PCT/EP2011/070077	(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
(87) 國際公開番号	W02012/062932	(74) 代理人	100095441 弁理士 白根 俊郎
(87) 國際公開日	平成24年5月18日(2012.5.18)		
審査請求日	平成26年11月13日(2014.11.13)		
(31) 優先権主張番号	61/477,688		
(32) 優先日	平成23年4月21日(2011.4.21)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	61/443,466		
(32) 優先日	平成23年2月16日(2011.2.16)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】中間チャンバを備えた荷電粒子リソグラフィシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターゲットの表面上にパターンを転写する荷電粒子リソグラフィシステムであって、
メイン真空チャンバと、

前記メイン真空チャンバ中に位置された、ソースチャンバ及び中間チャンバと、
前記ソースチャンバ中に位置され、荷電粒子ビームを発生させるビームジェネレータと、

前記ビームから複数の荷電粒子小ビームを発生させる第1のアパーチャアレイ要素とを
具備し、

前記第1のアパーチャアレイ要素は、前記メイン真空チャンバと前記中間チャンバとに
高い差圧を与えるように、前記メイン真空チャンバと前記中間チャンバとを分離しており

このシステムは、前記メイン真空チャンバ中の第1の圧力と、前記中間チャンバ中の第
2の圧力と、前記ソースチャンバ中の第3の圧力を維持するように構成され、

前記第1の圧力は、周囲圧力よりも低く、

前記第2の圧力は、前記第1の圧力よりも低く、

前記第3の圧力は、前記第2の圧力よりも低い荷電粒子リソグラフィシステム。

【請求項 2】

前記中間チャンバは、

前記ソースチャンバから前記中間チャンバに前記荷電粒子ビームを透過させる第1の開

10

20

口と、

前記中間チャンバから出た前記荷電粒子小ビームを前記メイン真空チャンバに透過させる第2の開口とを有し、

前記第1のアーチチャアレイ要素のアーチチャは、前記第2の開口を形成している請求項1のシステム。

【請求項3】

前記中間チャンバの前記第2の開口を閉じる弁をさらに具備する請求項2のシステム。

【請求項4】

前記ソースチャンバは、出口と、前記ソースチャンバ中に前記第3の圧力を生成するポンプシステムとを有する請求項1のシステム。

10

【請求項5】

前記ソースチャンバ及び前記中間チャンバの各々は、出口と、前記中間チャンバ中に前記第2の圧力を、及び前記ソースチャンバ中に前記第3の圧力を生成するポンプシステムとを有する請求項1のシステム。

【請求項6】

前記中間チャンバ中に位置され、前記荷電粒子ビームが前記第1のアーチチャアレイに到達する前に、前記荷電粒子ビームをコリメートするように構成されたコリメートシステムをさらに具備する請求項1のシステム。

【請求項7】

前記第1のアーチチャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアーチチャを有し、前記アーチチャは、前記小ビームを前記アーチチャアレイ要素を通過させ、

20

前記アーチチャのグループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチチャを含まない請求項1のシステム。

【請求項8】

前記第1のアーチチャアレイ要素には、前記第1のアーチチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過させるように構成された冷却チャネルが設けられ、

前記冷却チャネルは、前記第1のアーチチャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられている請求項7のシステム。

30

【請求項9】

前記第1のアーチチャアレイ要素は、所定の厚さ及び幅を備えたプレートを有し、

前記アーチチャは、前記プレートの前記ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、

前記冷却チャネルは、前記プレートの前記非ビーム領域の内部に形成され、前記プレートの幅の方向に延びている請求項8のシステム。

【請求項10】

前記第1のアーチチャアレイ要素を含む複数のアーチチャアレイ要素と、

プランカアレイと、

ビーム停止アレイと、

40

投影レンズアレイとをさらに具備し、

各々が、複数のグループで配置された複数のアーチチャを有し、

前記複数のアーチチャは、前記小ビームを前記アーチチャアレイ要素を通過させ、

各アーチチャアレイ要素のアーチチャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチチャを含まず、

前記アーチチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アーチチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメ

50

ントされている請求項 1 のシステム。

【請求項 1 1】

前記ソースチャンバと前記中間チャンバとは、単一の真空チャンバとして構成され、前記単一の真空チャンバは、前記ソースチャンバと前記中間チャンバとを形成するように、単一の真空チャンバを分けている壁を有する請求項 1 のシステム。

【請求項 1 2】

前記中間チャンバは、前記中間チャンバ中に前記第 2 の圧力を生成するためのポンプシステムに接続可能な出口を有する請求項 1 のシステム。

【請求項 1 3】

前記ソースチャンバと前記中間チャンバとの少なくとも一方には、ケミカルポンプ又はガッタポンプが設けられている請求項 1 のシステム。 10

【請求項 1 4】

前記中間チャンバは、前記ソースチャンバから前記中間チャンバに前記荷電粒子ビームを透過させる第 1 の開口と、前記中間チャンバから出た前記荷電粒子小ビームを前記メイン真空チャンバに透過させる第 2 の開口とを含む請求項 1 のシステム。

【請求項 1 5】

前記中間チャンバは、前記中間チャンバの前記第 2 の開口を閉じる弁を有する請求項 1 4 のシステム。

【請求項 1 6】

前記第 1 のアパーチャアレイ要素のアパーチャは、前記中間チャンバの前記第 2 の開口を形成している請求項 1 4 のシステム。 20

【請求項 1 7】

前記ソースチャンバは、前記中間チャンバの上に装着されている請求項 1 のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子リソグラフィ装置に、特に、冷却システムを備えたリソグラフィシステムのためのアパーチャアレイに関する。

【背景技術】

【0002】

昨今、多くの商用リソグラフィシステムは、レジストのコーティングを備えたウェーハのような、ターゲットを露光するためのパターンデータを複製する手段として、光束及びマスクを使用する。マスクレスリソグラフィシステムでは、荷電粒子のビームが、ターゲット上にパターンデータを描画するために使用される。小ビーム (beamlet) は、要求されるパターンを発生させるために、例えば、これらを個々にオンオフの切り替えをすることによって、個々に制御される。高解像度に関して、このようなシステムの、商業的に受入可能なスループット、サイズ、複雑さ、及びコストで動作するように意図されたリソグラフィシステムは、障害となる。 30

【0003】

さらに、既存の荷電粒子ビーム技術は、例えば、90 nm 以上の限界寸法を達成するために、画像の比較的決まったパターン形成のためのリソグラフィシステムに適している。しかし、性能を改良するために成長の必要がある。例えば、22 nm である、かなり小さな限界寸法を達成することが望ましく、一方、例えば、1 時間当たり 10 ないし 100 のウェーハである十分なウェーハのスループットを維持することが望ましい。減少されたフィーチャサイズでこのような大きなスループットを達成するために、システムによって発生されるビームの数を増加させ、荷電粒子ビームの電流を増加させ、ビーム間の距離を減少させが必要である。 40

【0004】

荷電粒子ビームリソグラフィシステムは、代表的には、真空チャンバによって与えられる真空環境で動作する。荷電粒子ビームを発生させる発生源は、好ましくは、高真空環境 50

で動作し、真空チャンバでこの高真空を得ることは、困難であり、時間がかかり、リソグラフィシステムの全体のスループットを減少させてしまう。さらに、水蒸気や真空チャンバ中のレジストカバードウェーハ及びシステムの構成要素からのアウトガスである炭化水素のような汚染物質もまた問題である。

【発明の概要】

【0005】

本発明は、ターゲットの表面上にパターンを転写する荷電粒子リソグラフィシステムを提供することによってこれらの問題に対処する。このシステムは、メイン真空チャンバと、前記メイン真空チャンバ中に位置された、ソースチャンバ及び中間チャンバと、前記ソースチャンバ中に位置され、荷電粒子ビームを発生させるビームジェネレータと、前記中間チャンバ中に位置され、前記ビームから複数の荷電粒子小ビームを発生させる第1のアバーチャアレイ要素とを具備する。このシステムは、前記メイン真空チャンバ中の第1の圧力と、前記中間チャンバ中の第2の圧力と、前記ソースチャンバ中の第3の圧力を維持するように構成され、前記第1の圧力は、周囲圧力よりも低く、前記第2の圧力は、前記第1の圧力よりも低く、前記第3の圧力は、前記第2の圧力よりも低い。

10

【0006】

前記中間チャンバは、前記ソースチャンバから前記中間チャンバに前記荷電粒子ビームを透過させる第1の開口と、前記中間チャンバから出た前記荷電粒子小ビームを前記メイン真空チャンバに透過させる第2の開口とを有し、前記第1のアバーチャアレイ要素のアバーチャは、前記第2の開口を形成している。

20

【0007】

このシステムは、前記中間チャンバの前記第2の開口を閉じる弁をさらに具備することができる。前記ソースチャンバは、出口と、前記ソースチャンバ中に前記第3の圧力を生成するポンプシステムとを有することができ、ポンプは、ケミカルポンプ又はゲッタポンプであることができる。前記ソースチャンバ及び前記中間チャンバの各々は、出口と、前記中間チャンバ中に前記第2の圧力を、及び前記ソースチャンバ中に前記第3の圧力を生成するポンプシステムとを有することができ、ポンプは、ケミカルポンプ又はゲッタポンプであることができる。

【0008】

このシステムは、前記中間チャンバ中に位置され、前記荷電粒子ビームが前記第1のアバーチャアレイに到達する前に、前記荷電粒子ビームをコリメートするように構成されたコリメートシステムをさらに具備することができる。前記第1のアバーチャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアバーチャを有することができ、前記アバーチャは、前記小ビームを前記アバーチャアレイ要素を通過させ、前記アバーチャのグループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアバーチャを含まない。

30

【0009】

前記第1のアバーチャアレイ要素には、前記第1のアバーチャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過するように構成された冷却チャネルが設けられることができ、前記冷却チャネルは、前記第1のアバーチャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられている。

40

【0010】

前記第1のアバーチャアレイ要素は、所定の厚さ及び幅を備えたプレートを有することができ、前記アバーチャは、前記プレートの前記ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記プレートの前記非ビーム領域の内部に形成され、前記プレートの幅の方向に延びている。前記第1のアバーチャアレイ要素は、一体的な電流制限アバーチャアレイを有し、前記第1のアバーチャアレイ要素の前記アバーチャは、前記ビームジェネレータに面している前記第1のアバーチャアレイ要素の上面の下方に凹んだ最狭小部分を有する。

【0011】

50

このシステムは、前記第1のアーチャアレイ要素を含む複数のアーチャアレイ要素と、プランカアレイと、ビーム停止アレイと、投影レンズアレイとをさらに具備し、各々が、複数のグループで配置された複数のアーチャを有し、前記複数のアーチャは、前記小ビームを前記アーチャアレイ要素を通過させ、各アーチャアレイ要素の前記グループのアーチャは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアーチャを含まず、前記アーチャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アーチャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされている。 10

【0012】

前記第1のアーチャアレイ要素には、前記ビームジェネレータに面している湾曲した上面が設けられることができる。前記第1のアーチャアレイ要素は、アーチャ無し領域及びアーチャ領域に交互に細分されることができ、各アーチャ領域は、複数のアーチャを有し、前記湾曲した上面は、複数の前記アーチャ無し領域及び前記アーチャ領域を囲んでいる。前記第1のアーチャアレイ要素の前記湾曲した上面は、前記ビームジェネレータに向かって前記上面の上方に突出している高くなつたドーム形状領域を形成することができるか、前記ビームジェネレータに面している前記上面の領域にドーム形状の窪みを形成していることができる。このシステムは、光軸を有し、前記湾曲した上面は、前記光軸を中心とした余弦関数に従う形状であることができる。 20

【0013】

本発明のさまざまな態様並びに本発明の実施の形態のいくつかの例が図示される。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムの一実施の形態の簡略化された概略図である。

【図2】図2は、図1のリソグラフィシステムにおける小ビームプランカアレイの一実施の形態の動作を示す概略図である。

【図3a】図3aは、小ビームプランカアレイ内の電極の構成の概略図である。

【図3b】図3bは、小ビームプランカアレイ内の電極の構成の概略図である。 30

【図4】図4は、小ビームプランカアレイ内の電極の他の実施の形態の概略図である。

【図5】図5は、小ビームプランカアレイの構成要素の表面上の（topographic）構成の概略図である。

【図6】図6は、小ビームプランカアレイの構成要素の他の表面上の構成の概略図である。

【図7】図7の（A）並びに（B）は、ビーム領域と非ビーム領域とに分割されたカラムを備えたリソグラフィ装置の概略図である。

【図8A】図8Aは、真空チャンバ中のアーチャアレイ要素を示す、リソグラフィ装置の概略図である。

【図8B】図8Bは、真空チャンバ中のアーチャアレイ要素を示す、リソグラフィ装置の概略図である。 40

【図9】図9は、マルチサブビーム及びマルチ小ビームを形成しているリソグラフィ装置の簡略化された概略図である。

【図10】図10は、中間真空チャンバを備えた荷電粒子リソグラフィシステムを示す概略図である。

【図11】図11は、図10の荷電粒子リソグラフィシステムの中間真空チャンバ及び構成要素の横断面図である。

【図12】図12は、図11の荷電粒子リソグラフィシステムの構成要素の詳細図である。

【図13】図13は、ビーム領域及び非ビーム領域を示す、小ビームプランカ要素の一実

10

20

30

40

50

施の形態の上面図である。

【図14】図14は、ビーム領域及び非ビーム領域を備えたアーチチャアレイと冷却チャネルとの他の実施の形態を示す図である。

【図15】図15は、ビーム領域及び非ビーム領域を備えたアーチチャアレイと冷却チャネルとの他の実施の形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下は、単に例によって、図面を参照して与えられる、本発明のさまざまな実施の形態の説明である。図面は、スケール合わせして描かれておらず、単に例示することを意図している。

10

【0016】

図1は、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム1の一実施の形態の簡略化された概略図である。このようなリソグラフィシステムは、例えば、本出願の出願人に譲渡された米国特許第6,897,458号、米国特許第6,958,804号、米国特許第7,084,414号並びに米国特許第7,129,502号に開示されており、これらの内容全体が参考としてここに組み込まれる。

【0017】

このようなリソグラフィシステム1は、適切には、複数の小ビームを発生させる小ビームジェネレータと、変調された小ビームを形成するようにこれら小ビームをパターニングする小ビームモジュレータと、ターゲットの表面上に変調された小ビームを投影する小ビームプロジェクタとを有する。小ビームジェネレータは、代表的には、発生源と、少なくとも1つのビームスプリッタとを有する。図1の発生源は、ほぼ均質な、拡大する電子ビーム4を生成するように配置された電子源3である。電子ビーム4のビームエネルギーは、好ましくは、約1ないし10keVの範囲で比較的低く維持される。これを達成するためには、加速電圧は、好ましくは、低く、電子源3は、接地電位でターゲットに対して約-1~-10kVの電圧で保たれることができるが、他の設定もまた使用されることができる。

20

【0018】

図1では、電子源3からの電子ビーム4は、電子ビーム4をコリメートするように、コリメータレンズ5を通過する。コリメータレンズ5は、コリメータ光学系のタイプであることができる。コリメーションの前に、電子ビーム4は、2つのオクタポール(図示されない)を通過することができる。続いて、電子ビーム4が、ビームスプリッタに、図1の実施の形態では、第1のアーチチャアレイ6に衝突する(が、アレイ6の前に他のアーチチャアレイがあってもよい)。第1のアーチチャアレイ6は、好ましくは、貫通孔を備えたプレートを有する。アーチチャアレイ6は、ビーム4の一部を遮断するように配置されている。さらに、アレイ6は、複数の平行な電子小ビーム7を生成するように、複数の小ビーム7を通過させる。

30

【0019】

図1のリソグラフィシステム1は、多くの小ビーム7を、好ましくは約10,000ないし1,000,000の小ビームを発生させるが、もちろん、これ以上又はこれ以下の小ビームが発生されることも可能である。また、コリメートされた小ビームを発生させるために他の既知の方法が使用されてもよいことに注意する。第2のアーチチャアレイは、電子ビーム4から複数のサブビームを生成して、これらサブビームから電子小ビーム7を生成するように、システムに追加されることがある。これは、さらなる下流側でのサブビームの操作を可能にし、システムの動作にとって、特に、システム中の小ビームの数が5,000以上であるとき、有益であることがわかっている。

40

【0020】

モジュレーションシステム8として図1に示される小ビームモジュレータは、代表的には、複数のプランカの構成を有する小ビームプランカアレイ9と、小ビーム停止アレイ10とを有する。これらプランカは、電子小ビーム7の少なくとも1つを偏向することが可

50

能である。本発明のいくつかの実施の形態では、これらプランカは、特に、第1の電極と、第2の電極と、アパー・チャとが設けられた静電デフレクタである。そして、これら電極は、アパー・チャを横切る電場を発生させるために、アパー・チャの対向側に位置されている。一般的に、第2の電極は、接地電極、即ち、接地電位に接続された電極である。

【0021】

プランカアレイ9の平面内に電子小ビーム7を集束させるために、リソグラフィシステムは、コンデンサレンズアレイ(図示されない)をさらに有することができる。

【0022】

図1の実施の形態では、小ビーム停止アレイ10は、小ビームを通過させるアパー・チャアレイを有する。小ビーム停止アレイ10は、その基本形態において、貫通孔が設けられた基板を有し、貫通孔は、代表的には円形の孔であるが、他の形状もまた使用されることができる。いくつかの実施の形態では、小ビーム停止アレイ10の基板は、規則的に離間された貫通孔のアレイを備えたシリコンウェーハにより形成されており、表面の帯電を防ぐために金属の表層で覆われていることができる。さらなるいくつかの実施の形態では、金属は、CrMoのような、自然酸化膜を形成しないタイプである。

10

【0023】

小ビームプランカアレイ9及び小ビーム停止アレイ10は、協働して小ビーム7を遮断する又は通過させるように動作する。いくつかの実施の形態では、小ビーム停止アレイ10のアパー・チャは、小ビームプランカアレイ9の静電デフレクタのアパー・チャとアライメントされている。小ビームプランカアレイ9が小ビームを偏向したならば、偏向されたビームは小ビーム停止アレイ10の対応するアパー・チャを通過しない。代わって、小ビームは、小ビームプロックアレイ10の基板によって遮断される。小ビームプランカアレイ9が小ビームを偏向しなければ、小ビームは、小ビーム停止アレイ10の対応するアパー・チャを通過する。いくつかの代わりの実施の形態では、小ビームプランカアレイ9と小ビーム停止アレイ10との間の協働は、プランカアレイ9のデフレクタによる小ビームの偏向が、小ビーム停止アレイ10の対応するアパー・チャを小ビームが通過するようにし、一方、非偏向は、小ビーム停止アレイ10の基板による遮断をもたらす。

20

【0024】

モジュレーションシステム8は、制御ユニット60によって与えられる入力の基礎に基づいて小ビーム7にパターンを追加するように構成されている。制御ユニット60は、データ記憶ユニット61と、読み出しユニット62と、データ変換部63とを有することができる。制御ユニット60は、システムの残りの部分から離れて、例えば、クリーンルームの内部の外に位置されることができる。パターンデータを保持している変調された光束14は、光ファイバ64を使用してプロジェクタに伝達することができ、プロジェクタは、ファイバアレイ(プレート15として概略的に図示される)内のファイバの端部からの光を、破線の箱により概略的に示され参照符号18が付された、リソグラフィシステム1の電子光学部分に投影する。

30

【0025】

図1の実施の形態では、変調された光束は、小ビームプランカアレイ9に投影される。特に、光ファイバ端部からの変調された光束14は、小ビームプランカアレイ9に位置された対応する感光性要素に投影される。感光性要素は、光信号を異なるタイプの信号、例えば、電気信号に変換するように構成されている。変調された光束14は、対応する感光性要素と結合された少なくとも1つのプランカを制御するためにパターンデータの一部を伝達する。適切には、光束14を対応する感光性要素に投影するために、プロジェクタ65のような光学素子が使用されることができる。さらに、適切な入射角で光束14を投影するために、鏡が包含され、例えば、プロジェクタ65と小ビームプランカアレイ9との間に適切な位置に配置されることができる。

40

【0026】

プロジェクタ65は、制御ユニット60の制御の下で、プロジェクタ位置決め装置17によってプレート15と適切にアライメントされることができる。結果として、小ビーム

50

プランカアレイ 9 内のプロジェクタ 6 5 と感光性要素との間の距離は、同様に変化することができる。

【 0 0 2 7 】

いくつかの実施の形態では、光束は、少なくとも部分的に、光導波路によって感光性要素に向かってプレートから伝達することができる。光導波路は、感光性要素に非常に近い位置に、適切には、1センチメートル未満、好ましくは、ミリメートルのオーダーのところに光を案内することができる。光導波路と対応する感光性要素との間の距離が短いことにより、光の損失が減少される。一方では、荷電粒子小ビームによって占有されうる空間から離れて位置されたプレート 1 5 及びプロジェクタ 6 5 の使用が、小ビームの妨害を最小にし、小ビームプランカアレイ 9 の構造がより複雑でなくなるという効果を有する。

10

【 0 0 2 8 】

小ビームモジュレータから出る変調された小ビームは、小ビームプロジェクタによって、ターゲット 2 4 のターゲット面 1 3 にスポットとして投影される。小ビームプロジェクタは、代表的には、ターゲット面 1 3 で変調された小ビームを走査するための走査デフレクタと、変調された小ビームをターゲット面 1 3 に集束させるための投影レンズ系とを有する。これら構成要素は、単一のエンドモジュール内にあることができる。

【 0 0 2 9 】

このようなエンドモジュールは、好ましくは、挿入可能な、交換可能なユニットとして構成されている。かくして、エンドモジュールは、デフレクタアレイ 1 1 と、投影レンズ構成体 1 2 とを有することができる。挿入可能な、交換可能なユニットはまた、小ビームモジュレータとして参照され上で説明されたような小ビーム停止アレイ 1 0 を含むことができる。エンドモジュールを通った後、これら小ビーム 7 は、ターゲット平面に位置されたターゲット面 1 3 に衝突する。リソグラフィアプリケーションに関して、ターゲットは、通常、荷電粒子感知層、即ちレジスト層が設けられたウェーハを有する。

20

【 0 0 3 0 】

デフレクタアレイ 1 1 は、小ビーム停止アレイ 1 0 を通過された各小ビーム 7 を偏向するように配置された走査デフレクタアレイの形態を取ることができる。デフレクタアレイ 1 1 は、比較的小さな駆動電圧の印加を可能にする複数の静電デフレクタを有することができる。デフレクタアレイ 1 1 が投影レンズ構成体 1 2 の上流側に描かれているが、デフレクタアレイ 1 1 もまた、投影レンズ構成体 1 2 とターゲット面 1 3 との間に位置決めされることができる。

30

【 0 0 3 1 】

投影レンズ構成体 1 2 は、デフレクタアレイ 1 1 による偏向の前に、又は後に、小ビーム 7 を集束させるように配置されている。好ましくは、集束は、約 1 0 ないし 3 0 ナノメートルの直径のスポットサイズを与える。このような好ましい実施の形態では、投影レンズ構成体 1 2 は、好ましくは、約 1 0 0 ないし 5 0 0 倍の縮小 (demagnification) 、より好ましくは、できるだけ大きな、例えば、3 0 0 ないし 5 0 0 倍の範囲の縮小を与えるように配置されている。この好ましい実施の形態では、投影レンズ構成体 1 2 は、効果的には、ターゲット面 1 3 の近くに位置されることができる。

【 0 0 3 2 】

40

いくつかの実施の形態では、ビームプロジェクタは、ターゲット面 1 3 と投影レンズ構成体 1 2 との間に位置されることができる。ビームプロジェクタは、適切に位置決めされた複数のアパーチャが設けられたフォイル又はプレートであることができる。ビームプロジェクタは、リソグラフィシステム 1 の感光性要素に到達することができる前に、放出されたレジスト粒子を吸収するように構成されている。

【 0 0 3 3 】

かくして、投影レンズ構成体 1 2 は、ターゲット面 1 3 上の単一画素のスポットサイズが正確であることを確実にすことができ、一方、デフレクタアレイ 1 1 が、適切な走査動作によって、ターゲット面 1 3 上の画素の位置がマイクロスケールで正確であることを確実にすことができる。特に、デフレクタアレイ 1 1 の動作は、画素が画素のグリッド

50

に適合し、最終的にターゲット面 13 にパターンを構成するようとする。ターゲット面 13 上の画素のマクロスケールの位置決めは、適切には、ターゲット 24 の下にあるウェーハ位置決めシステムによって与えられることが理解される。

【 0 0 3 4 】

一般的に、ターゲット面 13 は、基板の上面にレジスト膜を有する。レジスト膜の部分は、荷電粒子、例えば、電子の小ビームの適用によって化学的に変化される。この結果として、膜の照射された部分は、ディベロッパで多かれ少なかれ溶解され、ウェーハ上にレジストパターンをもたらす。ウェーハ上のレジストパターンは、基層に、即ち、半導体製造の分野で周知であるような、インプリメンテーション、エッチング、堆積工程によって、連続的に転写されることができる。必然的に、照射が均一でなければ、レジストは、均一であるようにして現像されず、パターンのミスにつながる。それ故、高品質の投影が、再生可能な結果を与えるリソグラフィシステムを得ることに関係している。照射の違いは、偏向工程からもたらされるものではない。

【 0 0 3 5 】

図 2 は、図 1 のリソグラフィシステムの小ビームプランカアレイ 9 の一実施の形態の動作を概略的に示す図である。特に、図 2 は、小ビームプランカアレイ 9 と小ビーム停止アレイ 10 とを有する小ビームモジュレータの一部の横断面を概略的に示す図である。小ビームプランカアレイ 9 には、複数のアーチャ 35 が設けられている。参照として、ターゲット 24 もまた示される。図面は、スケール合わせされていない。

【 0 0 3 6 】

小ビームモジュレータの図示される部分は、3 つの小ビーム 7a、7b、7c を変調するように配置されている。これら小ビーム 7a、7b、7c は、単一源又は単一サブビームを起源とするビームから発生されることができる单一のグループの小ビームの部分を形成することができる。図 2 の小ビームモジュレータは、各グループに対して共通の収束点 P に向かって小ビームのグループを収束させるように配置されている。この共通の収束点 P は、好ましくは、小ビームのグループに対する光軸 O に位置されている。

【 0 0 3 7 】

図 3a は、小ビームプランカアレイ内の電極の構成を概略的に示す上面図であり、小ビームプランカアレイは、共通の収束点に向かって小ビームのグループを収束させるように配置されている。この実施の形態では、小ビームプランカは、静電モジュレータ 30 の形態を取り、各モジュレータ 30 は、第 1 の電極 32 と、第 2 の電極 34 と、小ビームプランカアレイの本体を通って延びているアーチャ 35 とを有する。これら電極 32、34 は、アーチャ 35 を横切る電場を発生させるために、アーチャ 35 の対向側に位置されている。個々のモジュレータ 30 は、中心に位置された光軸 O を中心とした径方向の構成を取る。図 3a に示される実施の形態では、両電極 32、34 は、凹形状を有し、電極 32、34 の形状が円柱状のアーチャ 35 に適合する。この円柱状のアーチャの形状は、それ自身、非点収差のような、所定の光学収差の導入を防ぐのに適している。

【 0 0 3 8 】

図 3b は、小ビームプランカアレイ内の代わりの電極の構成を示す図であり、小ビームプランカアレイは、共通の収束点に向かって小ビームのグループを収束させるように配置されている。この構成では、個々のモジュレータ 30 は、再び、中心に位置された光軸 O を中心とした径方向の構成を取る。しかし、個々のモジュレータ 30 は、光軸を中心として同心円に配置されていないが、オリエンテーションを備えた複数の行及び列（カラム）によって形成されたアレイでは、互いにほぼ垂直である。同時に、個々のモジュレータ 30 の電極 32、34 は、これらが、光軸 O から延びている径方向の線に沿って小ビームを偏向させることができるようなオリエンテーションを有する。

【 0 0 3 9 】

図 4 は、小ビームプランカアレイ内の電極の他の実施の形態を概略的に示す上面図である。この実施の形態では、これら電極 32、34 は、再び、アーチャ 35 のまわりに位置されているが、いくつかのモジュレータ 30 の第 2 の電極 34 は、単一のストリップに

10

20

30

40

50

組み込まれている。モジュレータ30は、列(row)をなして配置されている。絶縁ゾーン39が、適切には、モジュレータ30の第1の列37とモジュレータ30の第2の列38との間にある。絶縁ゾーン39は、好ましくない放電を避けることを意図されている。

【0040】

図5は、本発明の実施の形態に係る小ビームプランカアレイ9で使用されることができる構成要素の表面上の構成を概略的に示す上面図である。小ビームプランカアレイは、ビーム領域51と非ビーム領域52とに分割される。ビーム領域51は、小ビームを受けて変調するように構成された領域である。非ビーム領域52は、ビーム領域51内の構成要素を支持するために必要とされる構成要素のための領域を与えるように構成された領域である。

10

【0041】

ビーム領域51内にある構成要素は、モジュレータ30を含む。モジュレータ30は、図2ないし図4を参照して説明されるような静電デフレクタの形態を取ることができる。

【0042】

非ビーム領域52内の構成要素は、例えば、図1を参照して説明されるようにして、変調された光信号を受信するように構成された感光性要素40を有することができる。感光性要素40の適切な例は、限定的ではないが、フォトダイオード及びフォトトランジスタである。図5に示される実施の形態の非ビーム領域は、さらに、デマルチプレクサ41を含む。感光性要素40によって受信された光信号は、少なくとも1つのモジュレータ30に対する情報を含むように、信号を多重送信させることができる。それ故、感光性要素40により光信号を受信した後、光信号は、デマルチプレクサ41に伝達されて、信号が多重送信される。多重送信した後、多重送信された信号が、専用の電気接続42を介して正しいモジュレータ30に転送される。

20

【0043】

多重送信光信号、及び感光性要素40とデマルチプレクサ41との構成体の使用の結果として、感光性要素40の数は、モジュレータ30の数よりも少ない。感光性要素40の数を制限することにより、非ビーム領域52の寸法を小さくすることができる。そして、ビーム領域51が、プランカアレイの単位面積当たりのモジュレータ30の数を増加させるために、互いにより近接して配置されることができる。多重送信でない実施の形態と比較して、同じ数のモジュレータが使用されたとき、小ビームプランカアレイのレイアウトは、よりコンパクトになる。プランカアレイの寸法は、ほぼ同じにとどまるならば、より多くのモジュレータが使用されることができる。代わって、非ビーム領域52のサイズを減少させる代わりに、多重送信の実施の形態を使用することにより、より多くの受光領域で感光性要素40の使用が可能になる。感光性要素40当たりのより多くの受光領域の使用は、正しい感光性要素40に向かって光信号を向けるために必要とされる光学の複雑さを低減させ、より強固な受光構造を与える。

30

【0044】

モジュレータ30は、図6に示されるように、ワードライン56、ピットライン57及び記憶要素58を介してアドレスするように、行及び列で適切に配置されることができる。このようなアレイのようなアドレスにより、デマルチプレクサ41からモジュレータ30に延びている接続の数が減少する。例えば、図6には10の接続ラインのみがあるが、個々のアドレスは、25のモジュレータ30をアドレスするために、25の接続ラインをもたらす。デマルチプレクサ41とモジュレータ30との間の接続がうまく機能しないことによる失敗を受けにくくなるので、接続ラインのこのような減少は、小ビームプランカアレイ9の信頼性を改良する。さらに、このようなアレイのようなアドレスの構成体を置くことにより、接続の占有するスペースが小さくなることができる。

40

【0045】

図7の(A)並びに(B)は、ビーム領域と非ビーム領域とに分割されたカラムを備えたリソグラフィ装置を概略的に示す図であり、装置の構成要素のいくつかをより詳細に示している。図7の(A)は、カソード70aと銃装着プレート70bとが設けられた電子

50

銃 7 0 を有する荷電粒子源を示す図である。また、コリメータ電極 7 2 と、アパー チャアレイ 6 を含む 1 連のアレイ要素と、コンデンサレンズアレイ 7 4 と、マルチアパー チャアレイ 7 5 と、小ビームプランカアレイ 9 と、ビーム停止アレイ 1 0 と、投影レンズアレイ 1 2 とが示される。

【 0 0 4 6 】

図 7 の (B) は、これらアパー チャアレイ要素を通る横断面を概略的に示す拡大図である。図示される実施の形態では、第 1 のアパー チャアレイ 6 は、コリメータアパー チャアレイ 6 a と、電流制限アレイ 6 b とを有する。このシステムはまた、コンデンサレンズアレイ 7 4 と、マルチアパー チャアレイ 7 5 と、小ビームプランカアレイ 9 と、ビーム停止アレイ 1 0 と、3 つの投影レンズアレイ 1 2 とを有する。各アパー チャアレイ要素は、複数のアパー チャを有するビーム領域と小ビームを通すアパー チャを有さない非ビーム領域とを有し、ビーム領域では、対応するグループの小ビームが発生源からこれらアパー チャを通ってターゲットへとこれらの経路を通過する。ビーム領域は、小ビームを伝達し操作するための別個の分離された領域であり、また、非ビーム領域は、さまざまなアパー チャアレイ要素の機能の支持のための構成要素及び電気回路を収容する別個の分離された領域である。

【 0 0 4 7 】

図 7 の (B) に示される実施の形態では、ビーム領域は、さまざまなアパー チャアレイ要素上の対応する垂直位置に位置されているので、小ビームの垂直なカラムが、小ビームの軌道に沿って各アパー チャアレイ要素の単一の対応するビーム領域のアパー チャを通過する。図示される実施の形態では、複数の小ビームのカラムがあり、各カラムは、ほぼ平行な小ビームと、互いにほぼ平行な異なる小ビームのカラムとを有し、小ビームの各グループが、各アパー チャアレイ要素の単一のビーム領域を通過する。他の実施の形態では、カラム内の小ビームは、平行でない、例えば、収束する又は発散する、あるいは、小ビームのカラムが平行でないことができる。非ビーム領域は、同様に、さまざまなアパー チャアレイ要素に対応する垂直位置に位置されている。結果として生じる構造は、リソグラフィ装置の投影カラムの垂直高さの実質的な部分内に垂直なシャフトを生じ、これらシャフトは、荷電粒子ビームによって占有されたシャフトと小ビームがないシャフトとが交互になっている。アパー チャアレイ要素及び投影カラムは、通常、例えば、図 8 A 並びに図 8 B に概略的に示されるように、真空チャンバ中に位置される。

【 0 0 4 8 】

図 7 の (B) の実施の形態では、交互の小ビームのシャフト及び非小ビームのシャフトが、投影カラムにおいて第 1 のアパー チャアレイ要素 6 a から始まっている。第 1 のアパー チャアレイ要素 6 a は、そのアパー チャの構成により、初めに、シャフトを生じる。第 1 のアパー チャアレイ要素 6 a は、コリメータ電極の一部であることができるか、図 7 の (A) に示されるように、コリメータ電極に近接して位置されることができる。コリメータアパー チャアレイ要素 6 a は、アライメントされた複数のアパー チャを有する電流制限アパー チャアレイ 6 b 、又はアパー チャアレイ 6 a のアパー チャの一部と一体化されることができる。これら 2 つのアパー チャアレイ要素には、共通の冷却ダクト 7 7 が設けられることができ、これら冷却ダクトは、図 7 の (B) に示されるような水のような冷却媒体を通過させるように、アパー チャアレイ要素の非ビーム領域に位置される。各アパー チャアレイ要素、又はアパー チャアレイ要素の一体部は、これら自身の冷却ダクトを有することができ、冷却の設定点は異なる温度に設定し、例えば、冷却媒体の流量によって設定する。

【 0 0 4 9 】

図 7 の (A) 並びに (B) の投影カラムでは、カラムは、続いて、コンデンサレンズアレイ 7 4 を有し、この実施の形態では、1 組の 3 つのコンデンサレンズ電極を有する。コンデンサレンズ電極 7 4 の下流側には、マルチアパー チャアレイ要素 7 5 と、小ビームモジュレータ又はプランカ要素 9 とがある。これら要素のさらに下流側には、光学系及びセンサを収容するための十分な介入スペース 7 9 が設けられ、ビーム停止アレイ 1 0 が含ま

れ、さらに下流側には、投影レンズアセンブリ 12 がある。小ビームデフレクタアレイは、図 7 の (A) 並びに (B) から省かれているが、小ビームデフレクタアレイは小ビーム停止アレイの上方又は下方に位置されることができる。

【 0 0 5 0 】

投影カラムは、かくして、システムは、ビーム及び非ビームのシャフトに部分的に細分される (subdivide) ことによって改良される。図 9 に示される発生源からターゲットへの投影カラムの簡略化された図は、各サブビームから、(アパーチャアレイ 6 による) 複数のサブビーム 7a 及び (マルチアパーチャアレイ 75 による) 複数の小ビーム 7b を形成しているリソグラフィ装置を示しており、これらサブビーム及び小ビームは、非ビームと交互のシャフトで投影カラム内に配置されている。

10

【 0 0 5 1 】

小ビームプランカ要素 9 の位置でのビームのシャフト及び非ビームのシャフトへのこのような分割は、光学系、光学センサ、その非ビーム領域の関連する、及びさらに必要な電気回路の効率的な空間的結合を与える。光学系は、自由空間光学系と、光ファイバと、パターンストリーミングシステムから小ビームプランカ要素に光信号を案内することと、特に、プランカ要素に位置された感光性要素とを有する。

【 0 0 5 2 】

ビームのシャフト及び非ビームのシャフトは、第 1 のアパーチャアレイ要素 6 から投影レンズアレイ要素 12 まで伸びていることができる。この延長は、カラムのスペース及び上流側及び下流側でこれに含まれる要素に関する。全ての場合において、特に、アパーチャアレイ要素 6a、6b、マルチアパーチャアレイ 75、プランカアレイ 9、ビーム停止アレイ 10 で、非ビーム領域には、好ましくは、構造支持部材が設けられており、剛性を、それ故、アパーチャアレイ要素の機能上の品質を高める。図 7 の (B) で理解されることができるよう、支持部材は、投影カラムの 2 つの連続するアパーチャアレイ要素に共通することができる。構造部材はまた、構造冷却部材として、例えば、冷却媒体のための冷却ダクトの形態で、機能するように構成されることがある。これに関して、少なくとも、カラムの第 1 のアパーチャアレイ要素 6 には、非ビーム領域に冷却ダクト 77 が設けられている。

20

【 0 0 5 3 】

図 8 A 並びに図 8 B は、メイン真空チャンバの投影カラムの構成要素を簡略化して示す図である。図 8 A は、約 2×10^{-6} mbar のメインチャンバ、約 4×10^{-9} mbar の中間チャンバ及び約 10^{-9} mbar のソースチャンバでのシステム中の好ましい動作真空圧を示している。図 8 B は、システム中の汚染物質である炭化水素の結果として生じる代表的な分圧の計算を示しており、メインチャンバ中の炭化水素の分圧は、約 7×10^{-8} mbar、中間チャンバでは、約 10^{-10} mbar であり、ソースチャンバでは約 10^{-11} mbar である。

30

【 0 0 5 4 】

この実施の形態では、発生源 3 は、分離したソースチャンバ 102 に位置され、また、この実施の形態では、第 1 のアパーチャアレイ要素 (AA) からマルチアパーチャアレイ (MAA) までのコリメータ 72 及びアパーチャアレイ要素は、中間チャンバ 103 中に位置されている。代わりの実施の形態はまた、中間チャンバ 103 中に小ビームプランカアレイ要素を含み、これにより、プランカアレイ要素のかなり小さなアパーチャが、中間チャンバとメインチャンバとの間に開口を形成している。他の実施の形態では、第 1 のアパーチャアレイ要素 (AA) は、中間チャンバとメインチャンバとの間に開口を形成し、残りのアパーチャアレイ要素は、メインチャンバ中に位置されている。

40

【 0 0 5 5 】

図 10 は、中間真空チャンバを備えた荷電粒子リソグラフィシステムの他の実施の形態を示す図である。図 11 は、図 10 のリソグラフィシステムの中間真空チャンバ及び構成要素の横断面を示す図である。図 12 は、図 11 のリソグラフィシステムの構成要素をより詳細に示す図である。リソグラフィシステムは、メイン真空チャンバ 101 に囲まれて

50

いる。リソグラフィシステムは、真空環境で動作する。真空は、荷電粒子ビームによってイオン化されて発生源に引き付けられうる粒子を取り除くことが望まれ、このような粒子は、解離されてリソグラフィシステムの構成要素に堆積され、荷電粒子ビームを分散させうる。約 2×10^{-6} mbar の真空が好ましい。真空環境を維持するために、荷電粒子リソグラフィシステムは、メイン真空チャンバ 101 中に位置されている。図 10 は、簡略化された図であり、例えば、短ストロークウェーハステージ及び長ストロークウェーハステージ等、メイン真空チャンバ中に通常位置されるリソグラフィシステムの多くの構成要素が図示されていないことに注意する。

【 0 0 5 6 】

荷電粒子源 3 は、ソース真空チャンバ 102 中に位置され、さらに、ソース真空チャンバ 102 は、メイン真空チャンバ 101 中に位置されている。これにより、ソースチャンバ 102 中の環境が、例えば、 10^{-10} mbar までの、メインチャンバ 101 よりもかなり高い真空に差圧でポンプ作用されることができる。単一源 3 が図 10 に示されるが、ソースチャンバ 102 は、少なくとも 1 つの発生源を収容することができる。ソースチャンバ 102 内の高真空は、発生源 3 の寿命を長くすることができ、荷電粒子ビームと干渉するソースチャンバ中のガスの影響を低減させ、また、いくつかのタイプの発生源が、これらの機能に必要とされることができる。この発生源は、代表的には、電子源である。熱拡散タイプの発生源が使用されてもよい。

【 0 0 5 7 】

ソースチャンバ中の高真空は、ソースチャンバ内の自由分子の循環をほとんどもたらさない。ソースチャンバの自由分子を制限することにより、水蒸気のようなメインチャンバからの汚染物質を制限し、露光されたレジストコートウェーハからのアウトガスである炭化水素が制限されることができ、ソースチャンバ中の構成要素上の電子ビーム誘起堆積 (EBID) を減少させる。

【 0 0 5 8 】

図 10 ないし図 12 のシステムはまた、メインチャンバ 101 中に位置された中間チャンバ 103 を有する。この実施の形態では、中間チャンバは、コリメートシステム 5 (例えば、図 7 の (A) に示されるような単一のコリメータ電極 72 であるか、少なくとも 1 つのコリメータレンズであることができる) と、第 1 のアパーチャアレイ要素 6 とを収容している。さらなるアパーチャアレイ要素が、図 8 A に示される実施の形態でのように、中間チャンバ中に含まれることができる。

【 0 0 5 9 】

発生源及び中間チャンバは、チャンバを発生源の上部及び中間チャンバを有する底部に分割している壁を備えた単一の真空チャンバとして構成されることができる。リソグラフィカラムの代表的な寸法は、発生源 3 から第 1 のアパーチャアレイ 6 までの距離 124 に関する 300 mm であり、第 1 のアパーチャアレイからビームスイッチングモジュール 121 の上部までの距離 125 に関する 30 mm であり、ビームスイッチングモジュール 121 の上部から投影光学モジュール 122 の底部までの距離 126 に関する 60 mm である。

【 0 0 6 0 】

中間チャンバ 103 中の環境は、メインチャンバ及びソースチャンバの真空準位間で、中間圧力に差圧でポンプ作用される。例えば、システムは、約 2×10^{-6} mbar のメインチャンバ、約 4×10^{-9} mbar の中間チャンバ、及び約 10^{-9} mbar のソースチャンバを用いて動作されることができる。ソースチャンバと同様に、この高真空は、中間チャンバ内で循環する自由分子をもたらし、ウェーハ及びアウトガスである炭化水素のようなメインチャンバからの汚染物質を制限し、中間チャンバで構成要素に EBID を減少させる。

【 0 0 6 1 】

ソースチャンバ 102 には、中間チャンバ 103 及びメインチャンバ 101 に荷電粒子ビーム 4 を透過させるように、ソースチャンバ 102 の壁に開口 105 が設けられている

10

20

30

40

50

。ソースチャンバには、必要であれば、即ち、ソースチャンバ内の圧力レベルが、真空チャンバの圧力レベルよりもかなり低い圧力レベルで維持されることが必要であるならば、開口 105 を閉じるための弁 106 が設けられることができる。例えば、弁 106 は、真空チャンバが開かれたとき、例えば、目的を果すために、閉じられることができる。このような場合には、真空準位は、ソースチャンバ内に維持され、リソグラフィ装置のダウンタイムを改良することができる。ソースチャンバ内の圧力レベルが十分になるまでの待ちの代わりに、真空チャンバのみが、所定の圧力レベルにポンプで下げられる必要があり、レベルは、ソースチャンバに必要とされるよりも高い。弁 106 は、例えば、Physikinst rumente モデル N - 214 又は N - 215 NEXLINE (登録商標) である圧電アクチュエータを含むことができる駆動ユニット 106a によって制御される。

10

【0062】

荷電粒子ビーム 4 を透過させるために、ソースチャンバ 102 の開口 105 は、大きなビームを放出するように比較的大きい必要がある。この開口のサイズは、 $26\text{ mm} \times 26\text{ mm}$ のリソグラフィシステムのカラムに必要とされる円形ビームの実質的な一部になり、この大きな開口は、メインチャンバ 101 からソースチャンバ 102 への大きな圧力降下、即ち、 10^{-9} mbar のソースチャンバから $2 \times 10^{-6}\text{ mbar}$ のメインチャンバまでの差圧を維持するには大きすぎる。中間真空チャンバ 103 は、中間の圧力環境を生成し、この大きな差圧が維持されることを可能にする。

【0063】

中間チャンバは、荷電粒子ビームを入れるように、ソースチャンバ開口 105 に対応する開口 107 と、メインチャンバに荷電粒子小ビームを透過させる、中間チャンバとメインチャンバとの間の開口 108 とを有する。必要ならば、例えば、メイン真空チャンバが目的を果すために開けられるならば、弁 109 は、開口 109 を閉じるために設けられることができる。高い真空準位が、中間チャンバ (及びソースチャンバ) 内で維持されることが可能、メイン真空チャンバのみが中間チャンバ及びソースチャンバに必要とされるレベルよりも高い所望の圧力レベルにポンプで下げられる必要があるので、ポンプダウン時間を減少させることによってリソグラフィ装置のダウンタイムを改良することができる。弁 109 は、圧電アクチュエータを有することができる駆動ユニット 109a によって制御される。

20

【0064】

中間チャンバ 103 は、中間チャンバとメインチャンバとの間の開口 108 が第 1 のアパーチャアレイ要素によって形成されるように構成されることができる。これは、第 1 のアパーチャアレイ要素 6 と近接に係合するように、中間チャンバの壁 103a の一部分を形成することによって達成されることができる。例えば、図 11 並びに図 12 で理解される能够するように、窪みが、第 1 のアパーチャアレイ要素の外縁を収容するように、中間チャンバの壁 103a に形成されることがある。このようにして、開口 108 のサイズがかなり減少され、開口の領域は、第 1 のアパーチャアレイの非常に小さな複数のアパーチャを有する。このかなり減少されたサイズの開口 108 により、かなり大きな差圧が、中間チャンバ 102 とメインチャンバ 101 との間で維持される。

30

【0065】

リソグラフィシステムは、好ましくは、維持を容易にするために、モジュラー (モジュール) であるように設計されている。多くのサブシステムが、好ましくは、自蔵式の、着脱可能なモジュールとして構成され、これにより、これは、できるだけ他のサブシステムを妨げないようにしてリソグラフィ装置から取り外されることができる。これは、特に、真空チャンバ中に収容されたリソグラフィ装置にとって効果的であり、装置へのアクセスが制限される。かくして、欠陥のあるサブシステムが、不必要的分離や他のシステムの混乱なく、取り除かれ、素早く交換ができる。図 10 ないし図 12 に示される実施の形態では、これらのモジュールのサブシステムは、コンデンサレンズアレイ 74 と、マルチアパーチャアレイ 75 と、小ビームプランカアレイ 9 とを含むビームスイッチングモジュール 121 と、ビーム停止アレイ 10 と投影レンズアレイ 12 とを含む投影光学モ

40

50

ジユール122とを有することができる。モジュールは、アライメントフレームからその内側及び外側に摺動するように設計されている。各モジュールは、多くの電気信号及び光学信号と、その動作のための電力とを必要とする。真空チャンバの内側のモジュールは、代表的にはチャンバの外側に位置された制御システムからこれら信号を受信する。真空チャンバは、制御系からの信号を真空ハウジングへと伝達するケーブルを入れるための開口又はポートを含み、ケーブルのまわりの真空シールを維持する。各モジュールは、好ましくは、このモジュール専用の少なくとも1つのポートを介して経由された電気、光学、電力ケーブル接続のその集合体を有する。これは、他のモジュールに対するケーブルの混乱なく、特定のモジュールが分離され、取り外され、交換されることを可能にする。

【0066】

10

メイン真空チャンバ101には、出口と、真空ポンプシステム111が設けられている。ソースチャンバ102には、それ自身の出口112と、ポンプ113とが設けられることができ、中間チャンバ103にもまた、出口114とポンプ115とが設けられることができ。これらポンプ113、115は、メインチャンバの外部に排出するものとして概略的に示されている。これは、リソグラフィシステムに与えられる振動をもたらしうる。チャンバ102、103中に真空準位が与えられると、ケミカルポンプ又はゲッタポンプが、メインチャンバの外部に排出することなく、これらチャンバ中の分子を捕えるために使用されることができる。クライオゼニックポンプもまた、これらのチャンバのために使用されることができるが、小さなサイズのチャンバによりなくされることができる。

【0067】

20

システムの圧力レベルをポンプで下げるとは、以下のようにして実行されることができる。まず、メインチャンバ101、中間チャンバ103及びソースチャンバ102が、メインチャンバ101のレベルにポンプで下げられる。これは、メイン真空チャンバ101のポンプシステム111によって完全に、又は最初に達成されることがある。ポンプシステム111は、メインチャンバのための専用の真空ポンプの1つを有することができるか、少なくとも1つの真空ポンプがいくつかの分離したリソグラフィシステムのためのいくつかのメイン真空チャンバの間で共有されることがある。各メインチャンバは、小さな真空ポンプを有することができ、大きな真空ポンプを共有している。メイン真空チャンバの真空を実現するために少なくとも1つのポンプを使用する能力は、真空動作の信頼性を改良することができる真空ポンプの冗長度を生じる。ある真空ポンプがうまく動作しなければ、他の真空ポンプがその機能を引き継ぐことができる。

【0068】

30

メイン真空チャンバ中の真空は、ターボ真空ポンプによって発生されることができ、クライオポンプシステムもまた使用されることがある。例えば、少なくとも1つのクライオポンプシールド117の形態である、水蒸気クライオポンプは、メインチャンバ中の真空を形成するのをアシストするために、メインチャンバ中の水蒸気を捕えるために、メイン真空チャンバ101中に含まれることができる。これは、適切な真空を発生させるのに必要とされる真空ポンプのサイズを減少させ、ポンプのダウンタイムを減少させ、可動部品を使用しないので、他のタイプの低温(<4K)システムによって代表的に生じる振動を取り入れない。好ましくは、(1つ又は複数の)真空ポンプが、まず、クライオポンプシステムの駆動に従って駆動される。クライオポンプシステムに先立って真空ポンプシステムを駆動させることにより、より効率的な真空ポンプ手順を導くことができ、さらに効率を高めるために、(1つ又は複数の)真空ポンプが、所定の期間の後、例えば、所定の閾値より下の圧力値を得るのに必要とされる時間の後、メイン真空チャンバから独立することができる。(1つ又は複数の)真空ポンプの独立の後、クライオポンプシステムは、真空の完全な発生のために動作し続けることができる。

【0069】

40

そして、中間チャンバ及びソースチャンバが、さらに、好ましくは、当業者にとって周知のケミカルゲッタによって、所望の低い圧力にポンプで下げられる。回生式の、化学的な、ゲッタのようないわゆるパッシブポンプを使用することによって、中間チャンバ及び

50

ソースチャンバ内の圧力レベルが、真空ターボポンプを必要とすることなくメインチャンバ中の圧力レベルよりも低いレベルにもたらされることがある。真空ターボポンプがこの目的のために使用される場合のように、ゲッタの使用は、音響振動と機械振動との少なくとも一方を受ける真空チャンバの内側又は中間の外側の近接を避ける。

【0070】

メインチャンバは、最初に、チャンバの内側の空気をポンプで出すことによって、ポンプで下げられる。このポンプ作用は、クライオポンプシールドを使用して、又は同様の方法でチャンバ中に残っている分子をできるだけ多く捕えることによって続けられる。これは、メインチャンバ中を循環している分子を捕え、これらの分子が中間チャンバ及びソースチャンバに入るのを防ぐ。メインチャンバと中間チャンバとの間に開口を形成するためにアパー・チャアレイの1つのアパー・チャを使用することによって、これにより、開口のサイズを減少させ、中間チャンバに入ってくるメインチャンバ中の（比較的多くの）分子の機会もまた減少される。同様にして、ソースチャンバと中間チャンバとの間の開口が、ソースチャンバに入る分子の量がさらに減少される機会を制限する。メインチャンバと中間チャンバとを分離するためのアパー・チャアレイの使用は、これらチャンバ間に高い差圧を与える、中間チャンバにメインチャンバから動く、ソースチャンバに向かう汚染物質を減少させる。

10

【0071】

メインチャンバは、中間チャンバ及びソースチャンバよりもかなり大きく、アウトガスである炭化水素、水及び他の汚染物質分子の発生源である多くの構成要素を含む。炭化水素のアウトガスの最も強い発生源は、リソグラフィシステムによって露光されるレジストコードトウェーハである。これら炭化水素は、荷電粒子と相互作用し、E B I D（電子ビーム誘起堆積）の堆積物を形成する。汚染物質の支配的な成長は、代表的には、アパー・チャ上に、E B I Dプロセスによって成長される汚染物質である。電極の電流密度は、アパー・チャの電流密度よりもかなり低い。

20

【0072】

中間チャンバは、特に、アパー・チャの縁で、汚染物質及びE B I D成長によるアパー・チャの品質低下を制限することにより、アシストする。汚染物質の問題、即ち、アパー・チャの直径を減少させるアパー・チャでのE B I D成長が、（アウトガスの炭化水素の発生源に近い）ビーム停止で、アパー・チャアレイよりも厳しいが、炭化水素の分圧及びE B I D成長の影響もまた、ウェーハを形成するように位置されたアパー・チャアレイで顕著であり、アパー・チャのクリーニングを必要としうる。アパー・チャアレイ要素の1つのアパー・チャによって形成される、中間チャンバ103とメインチャンバ101との間に開口108を有することによって、大きな圧力差が、発生源と中間チャンバとメインチャンバとの間で維持されることができる。さらに、中間チャンバの炭化水素の分圧が、図8Bに示されるように、ソースチャンバでさらに低いレベルに、非常に低いレベルにかなり減少される。この低い炭化水素の分圧は、アパー・チャアレイ及びこれらのチャンバに位置された他の構成要素にE B I Dの成長をかなり減少させる。

30

【0073】

本発明の概念は、2つの態様を1つのデザインに組み合わせることであり、これにより、2つの態様の各々は、最小特性（specification）、即ち、最大圧力となる。これら2つの態様は、特に、これらのチャンバ中の炭化水素の分圧を減少させて、E B I Dの成長を減少させることによって、ソースチャンバとメインチャンバとの間に必要とされる圧力差を維持し、中間チャンバ及びソースチャンバ中への汚染物質の侵入を減少させる。中間チャンバの使用によって、炭化水素のような汚染物質による中間チャンバ及びソースチャンバ中の汚染物質の成分は、予備計算によれば100のファクタで下がることが予期される。

40

【0074】

図13は、ビーム領域81（アパー・チャ領域としても参照される）と非ビーム領域82（非アパー・チャ領域としても参照される）とを示す、小ビームプランカ要素9の上面図で

50

ある。好ましくは、ビーム領域及び非ビーム領域は、ビーム領域 8 1 のその幅の半分の非ビーム領域 8 2 により構成された、矩形のシャフトの横断面として構成され、代表的には、ビーム領域 8 1 の幅が 4 mm 及び非ビーム領域の幅が 2 mm である。このような設定は、非ビーム領域を備えたシステムに包含されるか、シャフトが背中合わせに接して (back-to-back) が包含される。

【 0 0 7 5 】

図 1 4 並びに図 1 5 は、湾曲した上面を備えたモノリシックプレート 9 0 を有する第 1 のアパー・チャアレイ要素 6 の一実施の形態を示す図である。アパー・チャアレイ要素 6 のこの実施の形態は、ここに説明されるリソグラフィシステムの実施の形態のいくつかで、ここに説明される他のアレイ要素と共に使用されることができる。アパー・チャアレイ要素 6 は、一体ユニットとして形成されたコリメータアパー・チャアレイ 6 a 及び電流制限アパー・チャアレイ 6 b を有することができ、アライメントされた交互のビーム領域及び非ビーム領域を有することができ、シャフトを形成していることがここに説明される。

10

【 0 0 7 6 】

アパー・チャアレイの上面は、高くなつたドーム形状部分 9 1 を形成するように、単純な凸形状で上向きに (荷電粒子源の方向に) 湾曲している。この湾曲の中心は、例えば 50 mm の周囲に関して、湾曲した部分の縁よりも約 3 mm 高いことができる。アパー・チャ領域 8 4 は、荷電粒子ビームを受けるように構成された領域であり、各アパー・チャ領域 8 4 は、貫通孔の形態である複数のアパー・チャを有する。この実施の形態では、アパー・チャ領域 8 4 は、図 1 1 に示されるプランカアレイ 9 のような他の要素の矩形のビーム領域に適合するように、矩形である (5 つの矩形領域が示されているが、異なる数が使用されてもよい)。非アパー・チャ領域 8 5 は、アパー・チャ無しの領域であり、アパー・チャ領域 8 4 との間に、アパー・チャ領域 8 4 と交互に、矩形領域を形成している。アパー・チャアレイのプレート 9 0 は、プレートの内部に形成された冷却チャネル 7 7 a を有し、冷却媒体がこれら冷却チャネルを通って流れることができる。これら冷却チャネルは、非アパー・チャ領域 8 5 を通つて延び、各非アパー・チャ領域の長さに沿つて延びている。

20

【 0 0 7 7 】

本発明が、上述の所定の実施の形態を参照することにより説明されてきた。これらの実施の形態には、本発明の意図並びに範囲を逸脱することなく、当業者にとって明らかなさまざまな変更並びに変形がなされることができる。従つて、特定の実施の形態が説明されてきたが、これらは単なる例であり、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の範囲は添付の特許請求の範囲により規定される。

30

出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を以下に付記する。

[1] ターゲットの表面上にパターンを転写する荷電粒子リソグラフィシステムであつて、メイン真空チャンバと、前記メイン真空チャンバ中に位置された、ソースチャンバ及び中間チャンバと、前記ソースチャンバ中に位置され、荷電粒子ビームを発生させるビームジェネレータと、前記中間チャンバ中に位置され、前記ビームから複数の荷電粒子小ビームを発生させる第 1 のアパー・チャアレイ要素とを具備し、このシステムは、前記メイン真空チャンバ中の第 1 の圧力と、前記中間チャンバ中の第 2 の圧力と、前記ソースチャンバ中の第 3 の圧力を維持するように構成され、前記第 1 の圧力は、周囲圧力よりも低く、前記第 2 の圧力は、前記第 1 の圧力よりも低く、前記第 3 の圧力は、前記第 2 の圧力よりも低い荷電粒子リソグラフィシステム。

40

[2] 前記中間チャンバは、前記ソースチャンバから前記中間チャンバに前記荷電粒子ビームを透過させる第 1 の開口と、前記中間チャンバから出た前記荷電粒子小ビームを前記メイン真空チャンバに透過させる第 2 の開口とを有し、前記第 1 のアパー・チャアレイ要素のアパー・チャは、前記第 2 の開口を形成している [1] のシステム。

[3] 前記中間チャンバの前記第 2 の開口を閉じる弁をさらに具備する [2] のシステム。

[4] 前記ソースチャンバは、出口と、前記ソースチャンバ中に前記第 3 の圧力を生成するポンプシステムとを有する [1] ないし [3] のいずれか 1 のシステム。

50

[5] 前記ソースチャンバ及び前記中間チャンバの各々は、出口と、前記中間チャンバ中に前記第2の圧力を、及び前記ソースチャンバ中に前記第3の圧力を生成するポンプシステムとを有する [1] ないし [4] のいずれか1のシステム。

[6] 前記中間チャンバ中に位置され、前記荷電粒子ビームが前記第1のアパー・チャアレイに到達する前に、前記荷電粒子ビームをコリメートするように構成されたコリメートシステムをさらに具備する [1] ないし [5] のいずれか1のシステム。

[7] 前記第1のアパー・チャアレイ要素は、複数のグループで配置された複数のアパー・チャを有し、前記アパー・チャは、前記小ビームを前記アパー・チャアレイ要素を通過させ、前記アパー・チャのグループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアパー・チャを含まない [1] ないし [6] のいずれか1のシステム。

[8] 前記第1のアパー・チャアレイ要素には、前記第1のアパー・チャアレイ要素を冷却する冷却媒体を透過させるように構成された冷却チャネルが設けられ、前記冷却チャネルは、前記第1のアパー・チャアレイ要素の前記非ビーム領域に設けられている [7] のシステム。

[9] 前記第1のアパー・チャアレイ要素は、所定の厚さ及び幅を備えたプレートを有し、前記アパー・チャは、前記プレートの前記非ビーム領域に前記プレートの厚さにわたって形成され、前記冷却チャネルは、前記プレートの前記非ビーム領域の内部に形成され、前記プレートの幅の方向に延びている [8] のシステム。

[10] 前記第1のアパー・チャアレイ要素は、一体的な電流制限アパー・チャアレイを有し、前記第1のアパー・チャアレイ要素の前記アパー・チャは、前記ビームジェネレータに面している前記第1のアパー・チャアレイ要素の上面の下方に凹んだ最狭小部分を有する [1] ないし [9] のいずれか1のシステム。

[11] 前記第1のアパー・チャアレイ要素を含む複数のアパー・チャアレイ要素と、プランカアレイと、ビーム停止アレイと、投影レンズアレイとをさらに具備し、各々が、複数のグループで配置された複数のアパー・チャを有し、前記複数のアパー・チャは、前記小ビームを前記アパー・チャアレイ要素を通過させ、各アパー・チャアレイ要素のアパー・チャの前記グループは、複数のビーム領域を形成し、これらビーム領域は、これらビーム領域間に形成された複数の非ビーム領域とは異なりこれら非ビーム領域から分離され、前記非ビーム領域は、前記小ビームを通過させるアパー・チャを含まず、前記アパー・チャアレイ要素の前記ビーム領域は、ビームのシャフトを形成するようにアライメントされ、各々が、複数の小ビームを有し、前記アパー・チャアレイ要素の前記非ビーム領域は、その中に小ビームを有さない非ビームのシャフトを形成するようにアライメントされている [1] ないし [10] のいずれか1のシステム。

[12] 前記第1のアパー・チャアレイ要素には、前記ビームジェネレータに面している湾曲した上面が設けられている [1] ないし [11] のいずれか1のシステム。

[13] 前記第1のアパー・チャアレイ要素は、アパー・チャ無し領域及びアパー・チャ領域に交互に細分され、各アパー・チャ領域は、複数のアパー・チャを有し、前記湾曲した上面は、複数の前記アパー・チャ無し領域及び前記アパー・チャ領域を囲んでいる [12] のシステム。

[14] 前記第1のアパー・チャアレイ要素の前記湾曲した上面は、前記ビームジェネレータに向かって前記上面の上方に突出している高くなつたドーム形状領域を形成している [12] 又は [13] のシステム。

[15] 前記第1のアパー・チャアレイ要素の前記湾曲した上面は、前記ビームジェネレータに面している前記上面の領域にドーム形状の窪みを形成している [12] 又は [13] のシステム。

[16] このシステムは、光軸を有し、前記湾曲した上面は、前記光軸を中心とした余弦関数に従う形状である [12] ないし [15] のいずれか1のシステム。

【特許文献】

【 0 0 7 8 】

【特許文献 1】米国特許第 6,897,458 号

【特許文献2】米国特許第6,958,804号

【特許文献3】米国特許第7,084,414号

【特許文献4】米国特許第7,129,502号

【 四 1 】

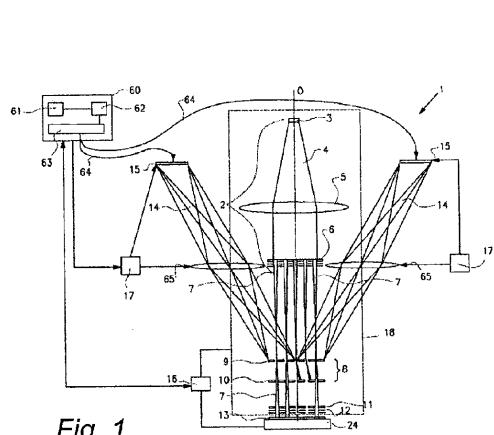


Fig. 1

【図2】

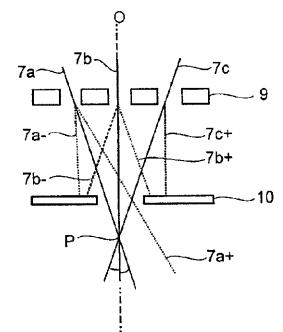


Fig. 2

【図3a】

図3a

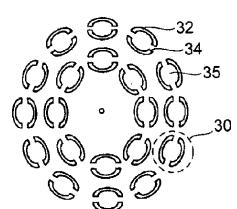


Fig. 3a

【図3b】

図3b

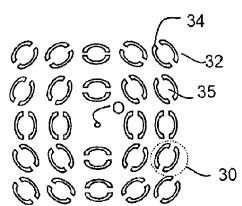


Fig. 3b

【図4】

図4

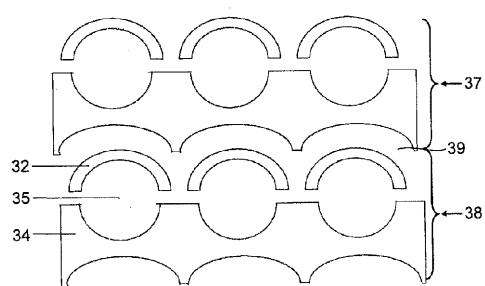


Fig. 4

【図5】

図5

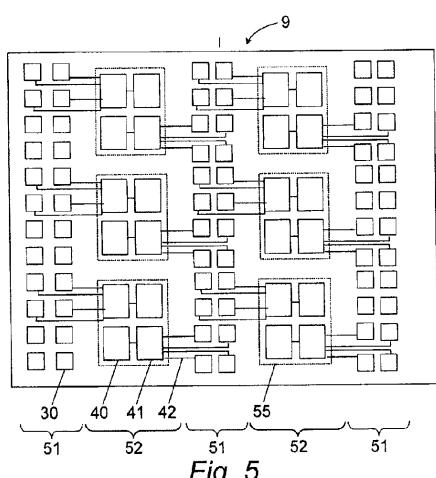


Fig. 5

【図6】

図6

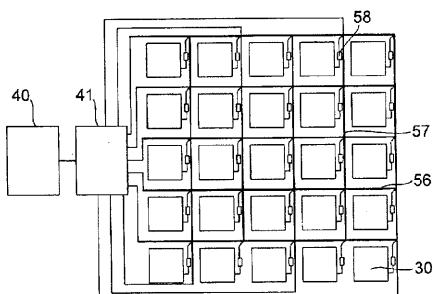
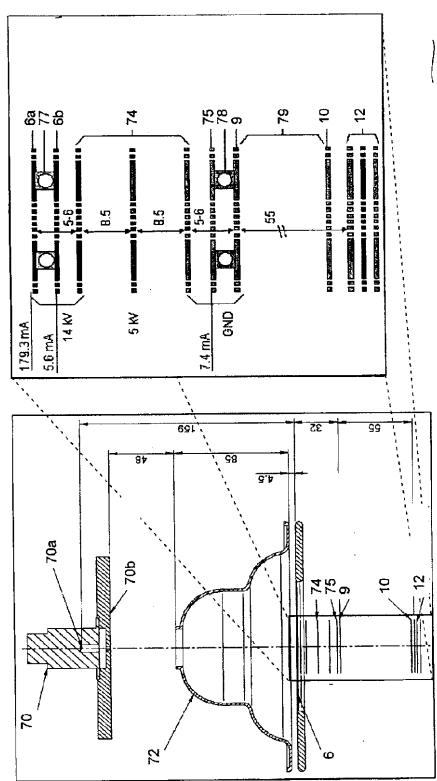


Fig. 6

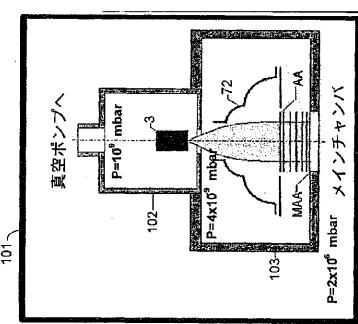
【図7】

図7

Fig. 7A
Fig. 7B

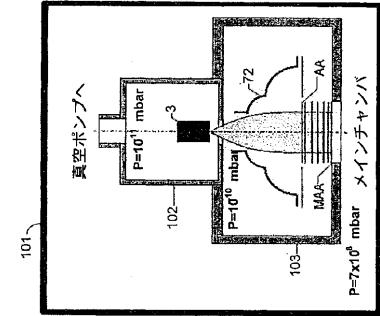
【図8A】

図8A

Fig. 8A
(A)

【図8B】

図8B

Fig. 8B
(B)

【図9】

図9

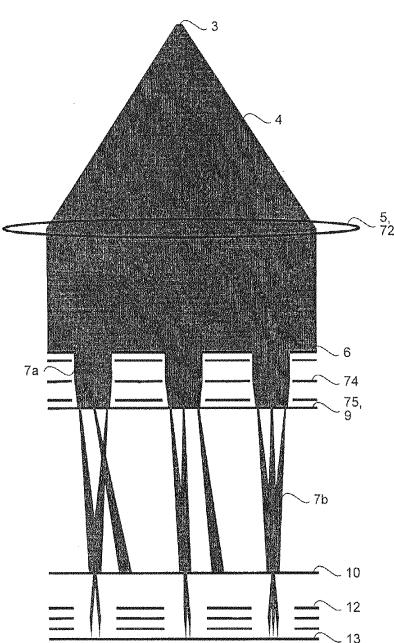


Fig. 9

【図10】

図10

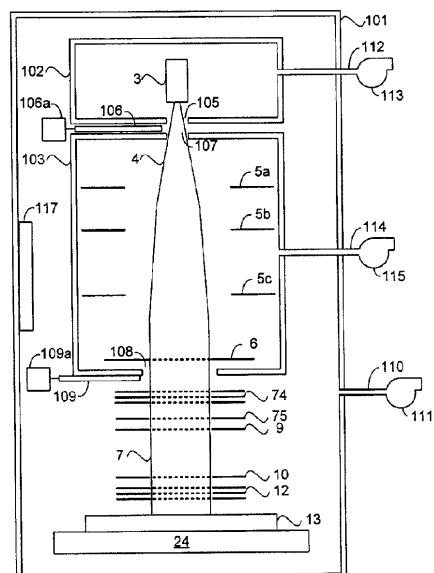


Fig. 10

【図11】

図11

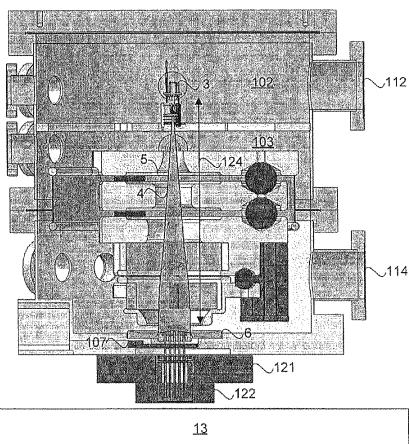


Fig. 11

【図12】

図12

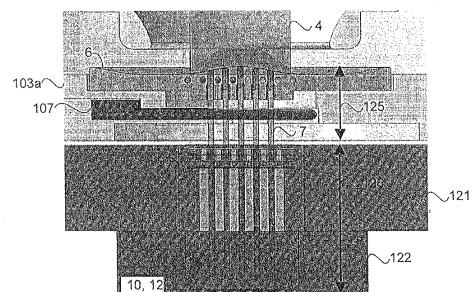


Fig. 12

【図13】

図13

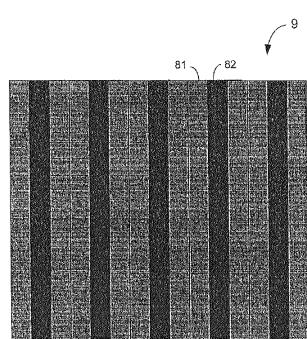


Fig. 13

【図15】

図15

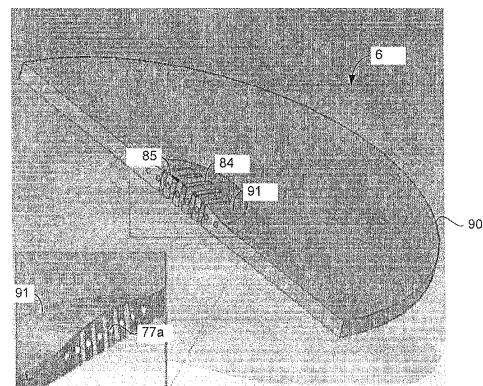


Fig. 15

【図14】

図14

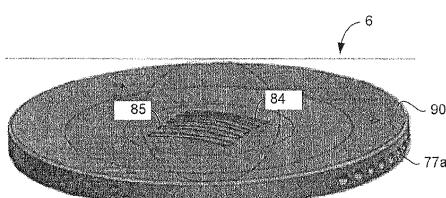


Fig. 14

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/421,717
(32)優先日 平成22年12月10日(2010.12.10)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/415,232
(32)優先日 平成22年11月18日(2010.11.18)
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 61/413,396
(32)優先日 平成22年11月13日(2010.11.13)
(33)優先権主張国 米国(US)

(74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
(72)発明者 ディヌ - ゲルトレル、ローラ
オランダ国、エヌエル - 2 6 2 8 エイチゼット・デルフト、クローステルカデ 1 4 7
(72)発明者 アーバヌス、ウィレム・ヘンク
オランダ国、エヌエル - 4 1 0 1 ゼットジェイ・クレンボルフ、ベステルシングル 1 8
(72)発明者 ピエランド、マルコ・ヤン - ヤコ
オランダ国、エヌエル - 2 6 1 2 ジーディー・デルフト、ブーローストラート 2 3
(72)発明者 ステーンプリンク、スティーン・ウィレム・ヘルマン・カレル
オランダ国、エヌエル - 2 5 9 3 イーシー・デン・ハーグ、ジェラード・レイーンストストラ
ト 1 4

審査官 今井 彰

(56)参考文献 特開平09-213257(JP, A)
特開平05-175176(JP, A)
特開平06-069111(JP, A)
特開2005-294310(JP, A)
特開2007-165232(JP, A)
特開2007-165837(JP, A)
国際公開第2010/094719(WO, A1)
特開2005-203123(JP, A)
米国特許出願公開第2007/0102650(US, A1)
特開2002-203776(JP, A)
特開2006-140267(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21/027
G 03 F 7/20 - 7/24
H 01 J 37/18, 37/20, 37/305